الفصل السادس

اعتبارات التصليب الضوئي للكمبوزت

Light Curing Considerations for Composite

- **تماثر الكمبوزت Polymerization of Composite :**

ينقسم الكمبوزت بناءً على طريقة تماثره إلى فئتين أساسيتين : الكمبوزت كيميائي التصلب أو ذاتي التصلب والكمبوزت ضوئي التصلب. وتحدد طريقة تماثر الكمبوزت تقنية تطبيقه ، وإجراءات الإنهاء ، وكمية المسامات الداخلية فيه .

الكمبوزت كيميائي أو ذاتي التصلب Chemical or Self Curing Composite :

يتوافر الكمبوزت ذاتي التصلب بشكل معجونين قابلين للمزج هما المحفز والأساس . يتألف أحد المكونين من الأمين الثلاثي العطري كمفعل ويتألف المكون الآخر من بيروكسيد البنزويل كمبدئ . يتم مزج المكونين بنسبة ١:١ . وأثناء المزج تتفعل عملية التماثر كيميائياً ويقدم الأمين الثلاثي إلكتروناً لشطر وتفعيل بيروكسيد البنزويل الذي يبدأ عملية التماثر من خلال تقديم الجذر الحر الأول اللازم لعملية التماثر . ويطبق هذا الكمبوزت دفعة واحدة .

يعاني الكمبوزت المصلب كيميائياً من مساوئ عديدة أهمها :

١- اندخال الهواء ضمن المادة أثناء المزج مسبباً وجود فقاعات تضعف خواص المادة الميكانيكية ، وأكسجين يثبط عملية التماثر .
٢- عدم القدرة على السيطرة على زمن العمل وهذا يزيد من إجراءات الإنهاء .
٣- ضعف الثبات اللوني الناجم عن تأكسد الأمينات الثلاثية غير المتفاعلة والموجودة بتراكيز عالية (٢ %) .

وللتخلص من المساوئ السابقة تم تقديم الأنظمة المفعلة ضوئياً التي استخدمت في بداية السبعينات من القرن الماضي الأشعة فوق البنفسجية كمصدر ضوئي ، إلا أنه تم استبدالها بالأنظمة المفعلة بالضوء الأزرق المرئي لتأثيراتها الضارة وضعف اختراقها للنسج السنية ومحدودية عمق التصليب (زمن تصليب ٦٠ ثانية ل ١,٥ مم من الكمبوزت) بالإضافة إلى ضرورة تسخينها لعدة دقائق قبل الاستخدام .

الكمبوزت ضوئي التصلب Light Cured Composite :

تم تقديم الكمبوزت ضوئي التصلب في نهاية السبعينات من القرن الماضي كمعجون وحيد لا يتطلب المزج ، وهو يستخدم الكامفركينون (CQ) كمبدئ ضوئي للتماثر (طوله الموجي ٤٧٤ نانومتر) والأمين

الأليفاتي كمفعل . تتفعل عملية التماثر ضوئياً بوساطة الضوء الأزرق المرئي ذي الطول الموجي المتوافق مع الطول الموجي لمبدئ التماثر الضوئي والذي يستثار لحالة ثلاثية غير مستقرة ويتفاعل مع الأمين الأليفاتي بحيث يبدأان معاً تحرير الجذور الحرة القادرة على بدء التماثر . يطبق الكمبوزت الضوئي بطريقة الدفعات (٢ مم) .

وهو يتميز من الكمبوزت الكيميائي بـ :

١- عمق التصلب أفضل .
٢- زمن عمل قابل للسيطرة .
٣- عدم وجود المسامات الداخلية .
٤- مقاومة أفضل للاهتراء والسحل .
٥- ثبات اللون بسبب استخدام الأمين الأليفاتي بدلاً من الأمين العطري .

ولكن من أهم سلبيات الكمبوزت ضوئي التصلب التقلص التماثري المترافق مع تولد إجهادات أكثر من تلك المتولدة في الكمبوزت كيميائي التصلب ، وهذا يسبب الفشل السريري للترميم . يؤثر نوع جهاز التصليب وتقنية التصليب على التقلص التماثري للكمبوزت كماً ونوعاً .

- **أجهزة التصليب الضوئي Light Curing Units :**

يتوافر جارياً العديد من أجهزة التصليب الضوئي التي تنتمي لأجيال مختلفة . عادةً ما تكون هذه الأجهزة محمولة باليد وذات مصدر ضوئي وموجه ضوئي من الألياف الضوئية .

جهاز الكوارتز تنغستن هالوجين Quarts- Tungsten Halogen (QTH) :

إن جهاز الكوارتز تنغستن هالوجين هو الجهاز الأكثر استخداماً ، يتألف من مصباح كوارتز (١٠٠ واط) فيه سلك تنغستن ضمن وسط من غاز الهالوجين . يقوم مصدر الطاقة بإحماء سلك التنغستن فيصدر الضوء الذي يتم تجميعه وتوجيهه نحو حزمة الألياف الضوئية بوساطة عاكس يتوضع خلف المصباح . يحوي الضوء الصادر كلاً من الأشعة فوق البنفسجية والضوء الأبيض وهذا يقتضي ترشيحها للتخلص من الحرارة وللحصول فقط على الضوء الأزرق البنفسجي من الطيف الذي يتوافق مع مدى الامتصاص الضوئي للـ QC . تستخدم مرشحات الأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء وتوضع في مسرى الضوء قبل حزمة الألياف الضوئية حيث يمر الضوء بعد ترشيحه ويصدر من رأس جهاز التصليب ، وتكون نسبة الضوء المناسبة للتصليب أقل من ٠,٥ % من مجمل الضوء المنتج ، أما النسبة المتبقية فتتحول إلى حرارة . ويتم تزويد الجهاز بمروحة صغيرة لتبديد الحرارة غير المرغوبة والناتجة عن المرشحات . وعادةً ما تتعرض المرشحات والعاكس للتلف مع مرور الزمن بفعل تعرضها لدورات الحرارة والبرودة المتكررة . تستعمل هذه الأجهزة الضوء المرئي بطول موجة من ٤٠٠ وحتى ٥٠٠ نانومتر ، وبشدة ضوئية تتراوح بين ٤٠٠ وحتى ٨٠٠ MW/Cm^2 ، ويتراوح عمر المصباح بين ٥٠ – ١٠٠ ساعة عمل . إن التلف الذي تتعرض له أجزاء هذا الجهاز يتطلب فحصها وتغييرها بشكل دوري لما له من تأثير على الشدة الضوئية الصادرة عنه . ويجب فحص الشدة الضوئية الصادرة أسبوعياً عن طريق جهاز قياس الشدة الموجود في

وحدة التصليب أو المحمول لأن تناقصها دون ٤٠٠ MW/Cm² يحول دون تصليب الكمبوزت بشكلٍ كافٍ . يمكن تزويد الجهاز برؤوس توربو تؤمن زيادة في شدة التصليب وسرعة في إنجازه ، كما تم حديثاً تصنيع أجهزة تصليب هالوجينية محسنة ذات شدة عالية . تتوافر هذه الأجهزة بتقنيات تصليب مستمرة ، متدرجة أو متصاعدة .

سلبيات جهاز QTH :

١- بطء زمن التصليب، لأن شدته غير عالية مقارنةً بالأجهزة الأخرى .
٢- كبر حجم الجهاز نسبياً وثقل وزنه .
٣- تناقص فعالية المصباح مع الزمن وحاجتها للاستبدال حيث لا يتجاوز عمرها ١٠٠ ساعة عمل .
٤- إنتاجه للطاقة قليل وتوليده للحرارة عالٍ .
٥- حاجته لمرشحات ومراوح هوائية .
٦- حاسية للصدمات والاهتزاز .
٧- يمكن للحرارة المتولدة أن تؤذي اللب .

جهاز الانبعاث الضوئي ثنائي الأقطاب Light Emitting Diode (LED) :

يوظف جهاز الانبعاث الضوئي ثنائي الأقطاب LED أنصاف النواقل لإصدار الضوء الأزرق الفعال من أجل التصليب الضوئي . بدايةً تم تقديم أجهزة الجيل الأول من LED والتي اعتمدت على كارباید السيليكون لإصدار الضوء الأزرق ، إلا أن الشدة الضوئية لهذه الأجهزة كانت منخفضة وغير كافية لإحداث التصليب الضوئي . تم استخدام نترات الغاليوم في أجهزة الجيل الثاني من LED والتي اعتبرت أكثر فعالية في تصليب الكمبوزت من الجيل السابق واستطاعت أن تؤمن شدة ضوئية عالية (١٠٠٠ MW/Cm²) وهذا سمح بإنقاص زمن التصليب .

ميزات جهاز LED :

١- يصدر ضوءاً أزرق بطيف موجي ضيق (٤٥٠ – ٤٩٠ نانومتر) أكثر تركيزاً ، يتلاءم مع طيف الامتصاص لمركب الكامفركينون .
٢- ليس بحاجة لمراوح تبريد لأنه لا يوجد إنتاج للحرارة أثناء التصليب ، حيث لا حاجة لتسخين سلك من التنغستين ولا إصدار لأشعة ضارة .
٣- ليس بحاجة لوضع مرشحات لانعدام إصدار الأشعة الضارة فوق البنفسجية أو تحت الحمراء .
٤- صغير الحجم وخفيف الوزن لانعدام وجود المراوح والمرشحات .
٥- إصدار حراري منخفض وهذا يخفف الأذية لمكونات الجهاز والأذية المحتملة للب السني .
٦- استهلاك طاقة منخفض (٦ واط) يجعلها تعمل بالبطارية وبالتالي فهي لاسلكية .
٧- زمن عمل طويل يتجاوز آلاف الساعات (١٠٠٠٠ ساعة تقريباً) .
٨- عديم الصوت لغياب المروحة .
٩- الشدة الضوئية ثابتة نسبياً مع مرور الوقت وهذا يعطي قدرة تصليب ثابتة .

١٠- مقاومة الكسر والصدمات عالية .

سلبيات جهاز LED :

١- يجب إعادة شحن البطارية .
٢- الطيف الموجي الضيق المتوافق مع طيف امتصاص CQ يجعل أجهزة LED من الجيل الثاني غير قادرة على تصليب أنواع الكمبوزت فاتحة اللون الحاوية على مبدئات تماثر غير CQ .

قامت الشركات المصنعة لأجهزة التصليب الضوئي بتقديم الجيل الثالث من أجهزة LED القادرة على إصدار أكثر من طول موجي بحيث تتمكن هذه الأجهزة من تصليب أنواع الكمبوزت الحاوية على مبدئات تماثر غير CQ .

جهاز ليزر الآرغون Argon Laser :

إن أجهزة التصليب الضوئي الليزرية هي أجهزة عالية الشدة ، ويعتمد طول الموجة المنبعث على نوع الليزر (الآرغون ينتج الضوء الأزرق) . يعد جهاز ليزر الآرغون جهازاً عالي الشدة يتطلب وقتاً أقصر لتصليب الكمبوزت (١٠ ثوانٍ) ، وهو يعمل ضمن طول موجي محدد (٤٧٠ مانومتر) يتوافق مع طيف امتصاص CQ ، ولا يتطلب مرشحات لأنه يولد أشعة تحت حمراء قليلة وكمية الحرارة الناتجة قليلة أيضاً . ولأن الليزر هو شعاع ضيق من الضوء المتماسك فإنه لا يعاني فقد الطاقة مع المسافة كالذي يظهر في جهازQTH ، لذلك يعد جهاز ليزر الآرغون الجهاز المفضل للمناطق صعبة التداخل .

ميزات جهاز ليزر الآرغون :

١- يزيد من درجة وعمق وسرعة تصلب الكمبوزت .
٢- يؤمن تماثراً ثابتاً غير متأثر بالمسافة .
٣- يؤمن تماثراً أفضل للألوان الغامقة عند مقارنته بـ QTH .
٤- يترافق بارتفاع حرارة أقل من ذلك المشاهد بـ QTH .

سلبيات جهاز ليزر الآرغون :

١- عمق التصلب محدود لـ ١,٥ – ٢ مم .
٢- ينتج طول موجة ضيق .
٣- غالي الثمن وكبير الحجم .
٤- رأس التصليب صغير وهوما يتطلب وقتاً أطول لتصليب ترميمات الكمبوزت الكبيرة
٥- له تأثيرات سلبية على الترميمات المجاورة .
٦- قد تسبب الحرارة الناتجة أذية لبية .

جهاز قوس البلازما (Plasma Arc (PAC :

يعد جهاز قوس البلازما من أجهزة التصليب الضوئية عالية الشدة التي تحتاج طاقة كبيرة لتنتج ضوءاً بشدة أعلى من ١٨٠٠ Mw/Cm^2 تسمح بتقصير زمن التصليب (٦ - ٩ ثوان) . يؤدي توليد حقل كهربائي عالي التوتر بين مسريين كهربائيين من التنغستن محاطين بغاز Xenon الناقل للتيار الكهربائي إلى تحويل الغاز إلى مزيج من الأيونات (تأيين) وتحرير طاقة على شكل قوس ضوئي (Plasma) . يتم تحديد الطول الموجي للضوء المنبعث تبعاً للمادة المغطية للمصباح ، ويمر هذا الضوء عبر مرشحات للتخلص من الأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية وللحصول على ضوء أزرق بطول موجي بين ٤٠٠ – ٥٠٠ نانومتر .

سلبياته :

١- ضرورة السيطرة على إنتاج الحرارة .
٢- الحاجة إلى مرشحات ومراوح التبريد .
٣- غالي الثمن .
٤- تبديل المصباح مكلف .
٥- معظم الأجهزة كبيرة وثقيلة وضخمة .
٦- قطر رأس جهاز التصليب الضوئي صغير نسبياً ٥ مم .
٧- الصفات الفيزيائية للكمبوزت المصلب بأجهزة قوس بلازما ضعيفة مقارنةً مع أجهزة التصليب الضوئي الأخرى كالهالوجين .

إن الهدف من زيادة شدة التصليب هو إنقاص زمن العمل وزيادة معدل تماثر الكمبوزت بهدف تحسين خواصه الميكانيكية ، إلا أن هذا التماثر السريع تسبب بزيادة التقلص التماثري وضعف الانطباق الحفافي للترميمات .

• تقنيات التصليب الضوئي Light Curing Techniques :

الشدة العالية High Intensity :

يسمح التصليب بالشدة العالية بإنقاص زمن التصليب لعمق تصليب معين . يمكن تصليب ٢ مم من الكمبوزت لمدة ٥ ثوانٍ باستخدام جهاز قوس البلازما ، ولمدة ١٠ ثوانٍ باستخدام جهاز ليزر الآرغون ، بينما نحتاج إلى ٤٠ ثانية لتصليب نفس العمق بجهاز QTH . يمكن أن تترافق الشدة العالية بمستويات إجهاد تقلص متزايدة دون أن تترافق بالضرورة مع درجات تماثر عالية أو صفات ميكانيكية متفوقة .

سلبيات الشدة العالية :

١- يسبب زمن التعرض القصير تسارع التصلب دون تأمين وقتٍ كافٍ لتحرير الجهود مما يقود إلى إجهادات تقلص أعلى وانطباق أضعف .
٢- يمتلك الضوء ذو الشدة العالية مدى ضيق للطول الموجي وهذا يستدعي التأكد من توافق الطول الموجي للضوء مع المبدئ الضوئي .

٣- تعد الحرارة مشكلة مهمة مع الضوء ذي الشدة العالية .

التصليب المستمر الموحد Uniform Continuous Curing :

يتم تطبيق ضوء التصليب بشدة ثابتة ولمدة زمنية محددة وذلك لعمق تصليب معين (٤٠٠ MW/Cm² لمدة ٤٠ ثانية) .

الشدة البدئية المنخفضة Soft Start :

هي تقنية تصليب تبدأ بشدة منخفضة وتنتهي بشدة مرتفعة ، وبذلك تسمح بإنقاص الجهود المترافقة مع التقلص التماثري عن طريق تأمين نسبة أولية منخفضة من التماثر في المرحلة الأولى ، وهذا يوفر الوقت اللازم لتحرير الجهود قبل أن تصل المادة للمرحلة الهلامية وإكمال عملية التصلب . يحدث التماثر الأعظمي في المرحلة الثانية بعد تحرر القسم الأكبر من الجهود . تنتج بعض الأجهزة شدة أولية منخفضة ١٠٠ MW/Cm² لمدة ١٠ ثوانٍ يتبعها زيادة فورية حتى ٦٠٠ MW/Cm² لمدة ٣٠ ثانية . يمكن تقسيم تقنية الشدة البدئية المنخفضة إلى ثلاث تقنيات هي : الصليب المتدرج ، المتصاعد ، أو تأخير النبضة .

التصليب المتدرج Stepped Cure :

يتم تصليب الترميم بشدة منخفضة يتبعها تعريض ثانٍ لإتمام تصليب الترميم ، وهو ما يسمح بتحرر جهود التماثر .

التصليب المتصاعد Ramped Cure :

يتم زيادة الشدة تدريجياً أثناء التصليب وبمرور الوقت . يتم ذلك بتقريب الجهاز من السن تدريجياً أو التصليب عبر الحدبة ، أو استخدام جهاز تصليب مصمم لزيادة الشدة . تسمح هذه التقنية بإنقاص جهود التماثر دون التأثير على عمق التصليب .

تأخير النبضة Pulse Delay :

يتم استخدام سلسلة من نبضات التعرض تكون مفصولة عن بعضها بفواصل زمنية تسمح بتحرير الجهود . ويمكن تحقيق أفضل إنقاص للتقلص التماثري بتوفير فاصل زمني بين النبضات يتراوح بين ٣ – ٥ دقيقة .

- **العوامل المؤثرة في فعالية التصليب الضوئي .**

Factors Affecting the Efficiency of Light Curing :

تؤثر فعالية التصليب الضوئي على درجة تماثر الكمبوزت وبالتالي نتائجه السريرية ، وتعتمد هذه الفعالية على عدة عوامل تقسم لعوامل متعلقة بالكمبوزت وعوامل متعلقة بجهاز التصليب الضوئي .

العوامل المتعلقة بالكمبوزت Factors Related to Composite :

حجم وكمية المواد المالئة Size and Amount of Fillers :

تعمل المالئات الموجودة في الكمبوزت في بعثرة ضوء التصليب وهذا يفقد شعاع الضوء شدته التي تكون أعظمية قرب سطح الترميم ، ويؤثر كل من حجم المالئات وكميتها في تشتت الضوء . تسبب المالئات الأصغر حجماً التبعثر الأكبر للضوء ، وبالتالي يكون تصليب الكمبوزت فائق الدقة أصعب من تصليب الكمبوزت الهجين . كما يتطلب الكمبوزت عالي الملئ زمن تصليب أطول ، لأن كمية المالئات الكبيرة تجعل الكمبوزت ظليلاً وهذا يؤثر على فعالية التصليب الضوئي .

لون الكمبوزت Composite Shade :

يمتص الكمبوزت الظليل أو ذو اللون الغامق كمية أكبر من الضوء ، وهو ما يجعل تصلبه أبطأ وأقل عمقاً من الألوان الفاتحة ، ولذلك فهو يتطلب زمن تصليب أطول ، وعادةً ما تحدد الشركات المصنعة زمن التصليب المنصوح به لكل لون من ألوان الكمبوزت .

درجة حرارة الكمبوزت Composite Temperature :

يتصلب الكمبوزت بفعالية أقل إذا كان بارداً أثناء التطبيق ، لذلك يجب إبقاء المادة بدرجة حرارة الغرفة قبل ساعة على الأقل من التطبيق وهذا يضمن تصلب المادة بشكلٍ أسرع وأكمل .

سماكة الكمبوزت Composite Thickness :

تؤثر سماكة الكمبوزت لدرجة كبيرة على تصلبه ، نموذجياً يجب ألا تتجاوز سماكة طبقة الكمبوزت المصلبة ٠,٥ – ١ مم لضمان تماثر المادة ، وعملياً يجب تطبيق الكمبوزت على دفعات لا تتجاوز ١-٢ مم وذلك على افتراض أن مصدر الضوء مثالي ولون الكمبوزت فاتح .

نوع وكمية مبدئ التماثر Type and Amount of Photoinitiator :

يجب أن تكون كمية مبدئ التماثر في الكمبوزت كافية لكي يستجيب لطول موجه ضوء جهاز التصليب المناسبة له . يتواجد الكامفركينون كمبدئ تماثر في أغلب أنواع الكمبوزت ، ولكن لونه الأصفر يؤثر سلباً على النواحي التجميلية ، لذلك تم اشتقاق مركبات أفتح وأكثر شفوفية مثل (PPD) Phenylpropanodione لاستخدامها في أنواع الكمبوزت فاتحة اللون أو الشفافة . يؤثر كذلك نوع مبدئ التماثر على فعالية تصليب الكمبوزت وهو يحدد الجهاز الأمثل لتصليب نوع محدد من الكمبوزت ، إذ يجب أن يتوافق الطول الموجي للضوء المنبعث من جهاز التصليب مع طيف أو ذروة امتصاص مبدئ التماثر في الكمبوزت . يمكن لأنواع الكمبوزت الحاوية على الكامفركينون أن تتصلب بأجهزة QTH ولحد معين بالأجهزة الأخرى . تظهر المشكلة الأكبر في أنواع الكمبوزت ذات الألوان الفاتحة التي تحوي مبدئات تماثر مثل PPD أو غيره من المبدئات الشفافة لأن أغلب أجهزة التصليب المتوفرة تجارياً إما أن تتوافق جزئياً مع طيف امتصاص هذه المبدئات أو أنها تفشل في ذلك ، كما في أجهزة قوس البلازما وليزر الآرغون وأغلب أجهزة LED .ولكي يستطيع الممارس أن يختار جهاز التصليب المناسب للكمبوزت يجب أن تحدد الشركات المصنعة طيف الامتصاص لمبدئ التماثرالموجود في الكمبوزت .

العوامل المتعلقة بجهاز التصليب الضوئي Factors Related of Curing Unit :

نوع جهاز التصليب الضوئي Type of Light-Curing Unit :

يمتلك كل جهاز تصليب مواصفات طول الموجة الخاصة به ، ميزاته ومساوئه ، وفعالية تصليبه . يستطيع الكمبوزيت أن يمتص كمية ضوء أكبر عند تصليبه بجهاز الليزر ، بينما تكون كمية الضوء المتبعثر أكبر عند استخدام جهاز QTH ، وبسبب اتساع الطيف الموجي لأجهزة QTH فإن نقص اختراق الضوء الناتج عن تبعثر أطوال الموجات القصيرة يمكن تعويضه بالموجات الطويلة القادرة على الانتقال عبر المادة والوصول إلى الطبقات العميقة . وعلى الرغم من الامتصاص الأفضل لضوء جهاز الليزر ، إلا أنه يمتلك طيفاً موجياً محدداً ويبث طولاً موجياً قريباً من ذروة امتصاص الكامفركينون ، لذلك تكون أجهزة QTH أكثر فعالية منها في تصليب الكمبوزت . وبالعكس ، وبسبب تماسك شعاع الليزر فهولا يفقد قوته عبر المسافة مثل شعاع QTH ، ولذلك تعد أجهزة التصليب الليزرية الأجهزة المختارة لتصليب الأماكن التي لا يمكن الوصول إليها .

الشدة الضوئية Light Intensity :

تعرف الشدة الضوئية لجهاز التصليب الضوئي بأنها كمية الاستطاعة للحزمة الضوئية الصادرة مقدرة بالواط أو الميلي واط مقسمة إلى مساحة سطح مقطع رأس جهاز التصليب الضوئي ، فتكون وحدة الشدة الضوئية هي الميلي واط/ سم² . والشدة الضوئية الدنيا القادرة على تصليب كمبوزت بثخانة ٢مم هي ٤٠٠ mw/cm² لمدة ٤٠ ثانية ، وبذلك يتم تأمين طاقة إجمالية (الشدة x الزمن) مناسبة لتصليب الكمبوزت .

تتماقص الشدة الضوئية لجهاز التصليب الضوئي بمرور الوقت ، وهو ما يؤثر سلباً في فعاليته، ويمكن تحديد عدة عوامل مسؤولة عن تناقص الشدة الضوئية :

١- تناقص شدة الضوء الأزرق بسبب هرم المصباح والعاكس Lamp and reflector age .
٢- تناقص التيار الكهربائي Voltage Drops يؤثر في إنتاج الضوء الأزرق .
٣- تعقيم رأس جهاز التصليب يسبب ضبابيته وينقص ناقليته للضوء .
٤- تعرض رأس جهاز الصليب للحرارة والبرودة أثناء التصليب يسبب أيضاً ضبابيته بسبب تكثف الرطوبة أو الأبخرة من محلات الأنظمة الرابطة وينقص الشدة الضوئية .
٥- اتساخ رأس جهاز التصليب بسبب تماسه مع الكمبوزت أو المادة الرابطة أثناء التصليب يسبب تبعثر الضوء وينقص الشدة الضوئية .
٦- تلف المرشحات Filters مع مرور الوقت ينقص الشدة الضوئية .

يتم تحري الشدة الضوئية بجهاز فاحص الشدة الضوئية Radiometer ، وعندما تكون الشدة منخفضة فإن تبديل المصباح ، المرشح ، العاكس ، أو رأس التصليب يعيد الشدة لمستويات مقبولة .

حجم رأس جهاز التصليب الضوئي Size of Light Curing Unit Tip :

تتوفر الموجهات الضوئية Light Guides بأقطار ٣ مم ، ٨ مم ، ١٠ مم ، ١١ مم ، ١٣ مم ، و١٤ مم ، ويلاحظ انتشار الضوء أكثر في الأجهزة ذات القطر المعياري ١١ مم ، بينما يكون الضوء مركزاً في

الأجهزة ذات القطر الأصغر (٣ مم التوربو) والتي تستطيع أن تزيد من الشدة الضوئية ، ولكنها بالمقابل ترفع حرارة الترميم والنسج السنية المجاورة أثناء التصليب وهذا يستدعي استخدامها بحذر .

زمن التصليب Exposure Time :

لا يعتمد التصليب الكافي للكمبوزت على جهاز التصليب فحسب ، بل يعتمد أيضاً على زمن التصليب الضوئي (زمن التعرض) . يتأثر زمن التصليب بعوامل عدة ، كالشدة الضوئية لجهاز التصليب المستخدم ولون الكمبوزت ودرجة حرارته وسماكته وتركيبه وعمق التحضير أو التصليب عبر النسج السنية ، لذلك لا يمكن استخدام زمن تصليب موحد كالذي توصي به الشركات المصنعة في كل الحالات . يتطلب تصليب طبقة كمبوزت بسماكة ٢ – ٢,٥ مم زمن تصليب ٢٠ ثانية عندما تكون الشدة الضوئية لجهاز التصليب ٨٠٠ MW/Cm² ، بينما تتطلب السماكة نفسها زمن تصليب ٤٠ ثانية إذا كانت الشدة الضوئية لجهاز التصليب ٤٠٠ MW/Cm² ، أي إن زيادة الشدة الضوئية لجهاز التصليب تنقص زمن التصليب المطلوب لعمق محدد . ولأن الطاقة الإجمالية هي ناتج ضرب الشدة بالزمن ، يمكن استهلاك الطاقة نفسها بشدة مرتفعة أو منخفضة عن طريق تعديل زمن التصليب المطلوب .

- **تفاعل الضوء والظلام Light and dark reaction :**

يتماثر الكمبوزت خلال التعرض للضوء وبعده ، ويعرف هذان التفاعلان بتفاعل الضوء والظلام . يبدأ تفاعل الضوء عندما يخترق الضوء الصادر من جهاز التصليب بنية الكمبوزت ، بينما يبدأ تفاعل الظلام مباشرة بعد توقف التنشيط الضوئي ، ويستمر حتى٢٤ ساعة ، إلا أن معظم هذا التفاعل يحدث خلال أول ١٥ دقيقة بعد التصليب الضوئي .

مسافة وزاوية التصليب Curing Distance and Angulation :

تتناسب الشدة الضوئية الملامسة لسطح الكمبوزت عكساً مع المسافة بين رأس جهاز التصليب الضوئي والترميم .ويزداد كذلك عمق التصلب بتناقص المسافة عن رأس جهاز التصليب . وتعد المسافة ١ مم بين رأس جهاز التصليب والكمبوزت نموذجية ، كما يجب أن يكون رأس الجهاز عمودياً على سطح الترميم لخلق بقعة ضوئية مستديرة ذات شدة ضوئية مركزة ، لأن إمالة رأس الجهاز يغير شكل البقعة من المستدير إلى الأهليلجي ، وهذا يسبب إنقاص الشدة الضوئية لانتشار البقعة الضوئية على مسافة أكبر . وفي حفر الصنف الأول العميقة والصنف الثاني والسطوح الوحشية على الأسنان الخلفية التي لا يمكن فيها تأمين مسافة أصغرية بين طبقة الكمبوزت ورأس الجهاز يجب التعويض من خلال :

١- استخدام أجهزة تصليب ذات شدة عالية (حوالي ٦٠٠ MW/Cm²) لضمان وصول ٤٠٠ MW/Cm² لدفعة الكمبوزت العميقة .
٢- زيادة زمن الصلب .
٣- تقليل سماكة طبقة الكمبوزت بحيث لا تزيد على ١ مم .
٤- إجراء تصليب إضافي من السطوح الملاصقة بعد إزالة المسندة في ترميمات الصنف الثاني .

٥- تركيب رأس إضافي مخروطي على رأس التصليب بحيث يوصل الضوء أقرب ما يمكن لعمق الحفرة .